

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 09121485
PUBLICATION DATE : 06-05-97

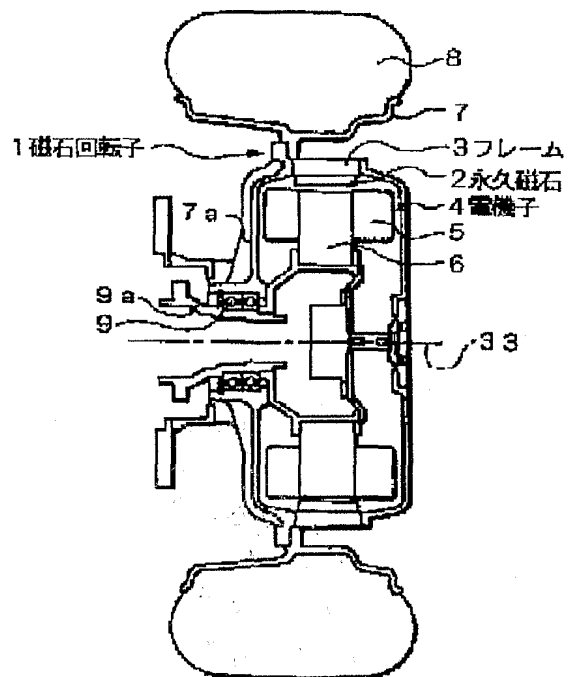
APPLICATION DATE : 24-10-95
APPLICATION NUMBER : 07298908

APPLICANT : HITACHI METALS LTD;

INVENTOR : MITA MASAHIRO;

INT.CL. : H02K 1/27 H02K 15/03 H02K 21/22

TITLE : MAGNET ROTOR FOR ELECTRIC
ROTATING MACHINE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To enable the reduction of current loss and leakage flux by forming the magnetic poles of a permanent magnet from an aggregate of permanent magnet pieces divided in the directions of the circumference and rotational axis of a magnet rotor.

SOLUTION: A magnet rotor 1 for electric rotating machines has a permanent magnet 2 in large size installed at its inner radius; the permanent magnet is composed of an aggregate of permanent magnet pieces the magnetic poles of which are divided in the directions of the circumference and the rotational axis of the magnet rotor 1. In addition a ferromagnetic frame 3 is installed at the outer radius of the permanent magnet 2 to form the magnet rotor 1 for electric rotating machines. With respect to the permanent magnet 2, a rim 7 is connected to the frame 3, and a tire 8 is installed on the rim 7. A flange 7a installed at the inner radius of the rim 7 in the radial direction, is rotatably supported on a shaft 9a with a bearing 9 in-between. Thus a drive system for electric vehicles is constituted. Further, an armature 4 containing an armature coil 5, an armature core 6 and the like is installed at the inner radius of the permanent magnet 2 with an air gap in-between.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-121485

(43) 公開日 平成9年(1997)5月6日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 1/27	5 0 2		H 0 2 K 1/27	5 0 2 A 5 0 2 H
15/03			15/03	A
21/22			21/22	M

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-298908

(22) 出願日 平成7年(1995)10月24日

(71) 出願人 000005083

日立金属株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 田中 省吾

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式
会社熊谷工場内

(72) 発明者 佐々木 崇

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式
会社磁性材料研究所内

(72) 発明者 三田 正裕

埼玉県熊谷市三ヶ尻5200番地日立金属株式
会社磁性材料研究所内

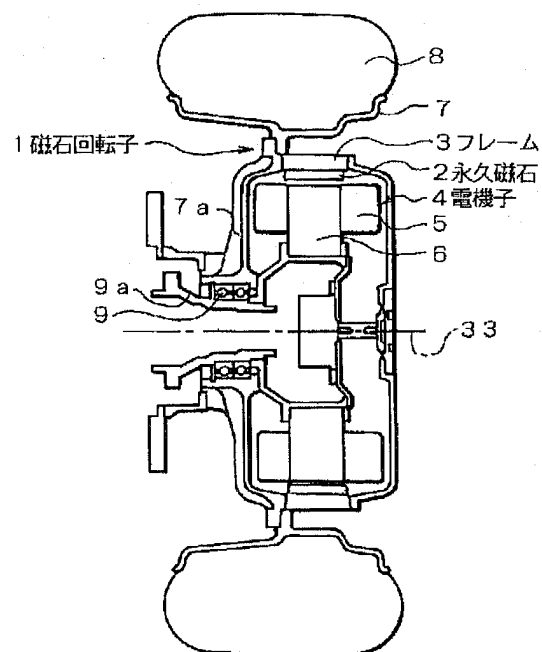
(74) 代理人 弁理士 牧 克次

(54) 【発明の名称】 回転電機用磁石回転子

(57) 【要約】

【課題】 うず電流損失の低減および洩れ磁束の低減により信頼性の向上した回転電機用磁石回転子を提供する。

【解決手段】 回転電機用磁石回転子1は、円周方向に沿って永久磁石2が配設され、その永久磁石2の磁極20が回転電機用磁石回転子1の円周方向および回転軸方向に分割された永久磁石片2aa、2abの集合体からなっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 円周方向に沿って永久磁石が配設された回転電機用磁石回転子であって、

前記永久磁石の磁極が前記磁石回転子の円周方向および回転軸方向に分割された永久磁石片の集合体からなることを特徴とする回転電機用磁石回転子。

【請求項2】 前記磁石回転子の回転軸方向および／または円周方向に分割されたカバーを、前記永久磁石片の表面に配設したことを特徴とする請求項1記載の回転電機用磁石回転子。

【請求項3】 カバーは、強磁性部分と非磁性部分とが共存するとともに強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材からなることを特徴とする請求項2記載の回転電機用磁石回転子。

【請求項4】 円周方向に沿って永久磁石が配設された回転電機用磁石回転子であって、前記磁石回転子の回転軸方向および／または円周方向に分割されたカバーを、前記永久磁石の表面に配設したことを特徴とする回転電機用磁石回転子。

【請求項5】 カバーは、強磁性部分と非磁性部分とが共存するとともに強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材からなることを特徴とする請求項4記載の回転電機用磁石回転子。

【請求項6】 前記磁石回転子の回転軸方向に分割されたカバーの直径(D)および回転軸方向寸法(1)が、 $(1/D)=0.001\sim0.50$ の範囲にあることを特徴とする請求項2乃至5のいずれか1つの回転電機用磁石回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、うず電流損失の低減および洩れ磁束の低減により信頼性を向上できるようにした回転電機用磁石回転子に関する。

【0002】

【従来の技術】図11に従来の回転電機用磁石回転子の例(特開平6-70520号公報参照)を示す。図11において、回転電機用磁石回転子50はヨーク51の周囲に交互に配列された複数の回転子磁極52およびスパーサ53を備えている。各スパーサ53を挟んで隣接する回転子磁極52は表側が交互にS極またはN極とされ、スパーサ53は布入りベークライト製の部材とされている。回転子磁極52は、それぞれ回転子50の軸方向に延びる短冊状の永久磁石片54を、各々表面側が同じ極性になるように周方向に複数配列して構成されている。そして、この磁石回転子50は図示されない固定子を備えた同期電動機に組み込まれて使用される。

【0003】図12に従来の回転電機用磁石回転子の別の例(特開平6-245418号公報参照)を示す。図12において、ロータコア61の外周面には、永久磁石62と非磁性領域である62aとが回転子の回転方向に

交互に形成されている。そして、この永久磁石62と非磁性領域である62aとの表面には、強磁性のマルテンサイト組織部分71と非磁性のオーステナイト組織部分72部分とが共存する一体構造物のカバー7が配置される。このような強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材からなるカバー7によってこの回転子と固定子(図示省略)とのギャップ損失を低減可能としている。

【0004】しかしながら、上記従来の回転電機用磁石回転子において、汎用モータにもあてはまるが、特に高出力型(例えば、1KW以上)のモータを構成した場合、極論すれば、大寸法の永久磁石を用いて出力が例えば80(kW)というような高出力型のモータを構成した場合、「松岡孝一他：鉄道車両用車輪一体形永久磁石励磁同期主電動機の開発」(平成7年電気学会全国大会講演論文集、1995、5-31~32参照)に記載されるように、ギャップ磁束密度の脈動(スロットリプルと呼ばれる。)によって大寸法の界磁用永久磁石の渦電流損が非常に大となり、この界磁用永久磁石の温度が大幅に急上昇して、モータ特性が低下してしまう、という問題を発生させる。特に、界磁用永久磁石の急激な温度上昇は、例えば、電気自動車等の高出力型のモータの始動時において顕著であり、界磁用永久磁石の温度が200℃を越える場合も発生し、界磁用永久磁石の熱減磁が極めて深刻な問題となっている。

【0005】さらに、通常、界磁用永久磁石には4~100極程度の磁極パターンが付与されて回転電機用磁石回転子が構成されるが、この磁石回転子の磁極境界部近傍において隣接磁極間での磁束の短絡が生じ、漏れ磁束(漏れ磁束は短絡磁束であって、エアギャップを貫通して固定子側の電機子コイルと鎖交する領域まで到達し得ない磁束であるため、モータ出力に寄与しない無効磁束成分である。)を発生させ、モータ効率を低下させるといった問題を併有している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明は、うず電流損失の低減および洩れ磁束の低減により信頼性の向上した回転電機用磁石回転子を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記従来の問題を解決するために、本発明における第1の発明においては、円周方向に沿って永久磁石が配設された回転電機用磁石回転子であって、前記永久磁石の磁極が前記磁石回転子の円周方向および回転軸方向に分割された永久磁石片の集合体からなるように回転電機用磁石回転子を構成した。この構成によって、前記磁極が前記磁石回転子の円周方向だけでなくその回転軸方向にも分割された永久磁石片の集合体からなるため、うず電流損失が大幅に低減される。前記永久磁石片の表面に、前記磁石回転子の回転軸

方向および/または円周方向に分割されたカバーを配設することが好ましい。この構成によって、前記永久磁石のうず電流損失の低減化に加えて、カバーの分割によるうず電流損失の低減化が達成される。さらに、カバーの配置によって回転電機用磁石回転子の洩れ磁束が大幅に少なくなり、すなわち回転電機用磁石回転子の有効磁束が増大する。またカバーは、強磁性部分と非磁性部分とが共存するとともに強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材から形成することが、洩れ磁束を低減するために好ましい。

【0008】次に、本発明における第2の発明においては、円周方向に沿って永久磁石が配設された回転電機用磁石回転子であって、前記磁石回転子の回転軸方向および/または円周方向に分割されたカバーを前記永久磁石の表面に配設する構成にした。この構成によって前記カバーによるうず電流損失の低減化が達成される。カバーは、強磁性部分と非磁性部分とが共存するとともに強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材から形成することが、上記のうず電流損失の低減化に加えて洩れ磁束を低減するために好ましい。また本発明では、前記磁石回転子の回転軸方向に分割されたカバーの直径(D)および回転軸方向寸法(1)が、 $(1/D) = 0.001 \sim 0.50$ の範囲にあることが好ましい。1/Dの値を前記の範囲にしたのは、その範囲でうず電流損失の低減化をより確実なものとできるからである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面に基いて本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の回転電機用磁石回転子1を搭載した電気自動車の一実施例を示す要部断面図である。図1において、本発明の略円筒形の回転電機用磁石回転子1は、その内周側に、各磁極がこの磁石回転子1の円周方向および回転軸方向に分割された永久磁石片の集合体からなる大寸法(この磁石回転子1の回転軸33の方向の長さが250mm×外径500mm×内径470mm)の永久磁石2を配置するとともに、永久磁石2の外周側には強磁性のフレーム3(例えば、SS400等の炭素鋼。)が配置されて、回転電機用磁石回転子1が構成されている。永久磁石2はフレーム3にエポキシ系接着剤(例えば、アラルダイトAV138等。)で強固に固着されている。さらに、フレーム3にリム7が接続されるとともにこのリム7にタイヤ8が配設され、リム7の半径方向内周側に設けたフランジ7aが支軸9aにベアリング9を介して回転可能に保持されて電気自動車の駆動系が構成されている。また、円筒形の永久磁石2の内周側に、エアギャップを介して電機子コイル5と電機子鉄心6等を具備する電機子4が配置され、その電機子4は固定状態の支軸にフレームを介して固定されている。そして、電機子4のコイル5により形成される回転磁界が磁石回転子1の回転子磁極に作用することで、磁石回転子1が支軸9aの回りにベアリング

9を介して回転するようになっている。

【0010】ここで、図1における永久磁石2としては公知のものを用い得るが、高磁気特性が得られる点から、例えば、Nd-Fe-B系の異方性永久磁石が好ましく、本実施例においては、日立金属(株)製の異方性焼結磁石(HS-30EH; 残留磁束密度 $Br \geq 10.8$ (kG), 固有保磁力 $iH_c \geq 25$ (kOe))を使用し、この永久磁石2の表面に、順次、耐酸化被膜としてCuメッキ(平均膜厚2~30 μ mが好ましく、5 μ mに形成。)、Niメッキ(平均膜厚2~100 μ mが好ましく、50 μ mに形成。)、電着エポキシ樹脂コート(平均膜厚2~100 μ mが好ましく、50 μ mに形成。)からなる多層膜を有するものを用いている。

【0011】次に、図1における永久磁石2の要部斜視図を図2に示す。図2において、永久磁石2の任意の1磁極20は、永久磁石2の回転軸方向および円周方向に分割された永久磁石片2aa, 2ab, 2ab, 2aa等で構成され、各永久磁石片はそれぞれが略角柱状になっている。また、これらの永久磁石片2aa, 2ab, 2ab, 2aaは、リング形に形成されている永久磁石2の半径方向に磁気異方性を有するとともに、適宜の着磁手段によって磁極20を単位として同極性に着磁され、永久磁石2の内周側に交互に磁極N, Sが形成されて合計8磁極が付与されている。また、各磁極20, 20間にはそれぞれ空隙10が形成されて、全体で円筒形の永久磁石2に形成されている。尚、空隙10の代わりに非磁性スペーサー(例えば、布入りベークライト製等。)を配置してもよい。また円筒形の永久磁石2は、表面の磁力分布を調整するために表面が少し凹凸状となるようにして略円筒形に形成してもよい。

【0012】上述した通り、本発明の第1の発明における特徴点は、1磁極を構成する永久磁石が磁石回転子の円周方向および回転軸方向にわたって分割された永久磁石片の集合体からなることである。この点に関し、図3~図6により、詳細に説明する。図3は図2における永久磁石2の径方向端面図であり、空隙を有する円筒形状の永久磁石2の半径方向における任意の1磁極20の分割状態を示している。図3において、磁極20は4つの永久磁石片2aa, 2ab, 2ab, 2aaから構成されるとともに、各永久磁石片2aa, 2ab, 2ab, 2aaは、図4に示すように回転軸方向に磁石分割体が5個連続配置され、それらは例えば、エポキシ系の接着剤(アラルダイトAV138等。)を介して強固に接着されている。なお、上記3つの永久磁石片2aa, 2ab, 2ab, 2aaの各々が上述の異方性焼結磁石HS-30EHからなり、その半径方向にそれぞれ磁気異方性を有する。

【0013】図4は、図2の永久磁石2における内周側(すなわち、電機子4に対向する側)の任意の1磁極20に関する側面図を示している。図4において、磁極20

0を構成する各2列の永久磁石片2aaおよび2abは分割された各々等寸法の10個ずつからなっている。2aaはNo. 1~5およびNo. 16~20の計10個、2abはNo. 6~15の計10個である。そして、個々の分割された永久磁石片は相互に、例えば、エポキシ系の接着剤(アラライトAV138等。)で分割体境界25を介して強固に固着されているため、各永久磁石片の分割単位で電気的に絶縁された状態に保持される。したがって磁極20は小分割されているため、うず電流損失の発生が大幅に低減され、磁石回転子1の温度上昇が抑制される。上記エポキシ系接着剤は絶縁性を有し、分割体境界25に介在するため、界磁用の永久磁石2の電気(体積)抵抗率を高める絶縁層の作用を奏する。永久磁石2は、磁極20がリング状に8個それぞれ空隙10を介して貼合されることにより形成されるため、元来、その素材固有の電気抵抗率が低い上記Nd-Fe-B系の異方性永久磁石により形成された永久磁石2の体積固有抵抗を $1.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、より好ましくは $1.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 、特に好ましくは $1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上にでき、うず電流が非常に発生しにくくなるのである。なお、各永久磁石片2aa、2abの各々をノーマックス紙等の絶縁シートを挟んで上記のように接着剤で接合することにより確実に絶縁することができる。

【0014】ここで、本発明における分割された永久磁石片の集合体からなる磁極の構成を有効に適用し得る寸法範囲としては限定されるものではないが、例えば、図4における回転軸方向の長さ $l=35\text{mm}$ 以上、幅 $w=50\text{mm}$ 以上の大寸法の磁極20の場合(永久磁石2の寸法で、外直径 50mm 以上、磁石回転子1の回転軸方向の長さ $l=35\text{mm}$ 以上の場合)に特に有効である。

【0015】図5は、図2における永久磁石2の径方向断面図の別の実施例を示している。図5において、磁極20は2つの永久磁石片2ac、2acからなるとともに、これら2ac、2acは、例えば、エポキシ系の接着剤(アラライトAV138等。)で分割体境界25を介して左右対称となるように強固に固着されている。図6は、図5に対応する永久磁石2の内周側の任意の1磁極20に関する分割パターンを示す図である。図6は磁極20が、No. 1~10の計10個の等寸法の磁石分割体2acからなる場合である。なお、図4と同様に各磁石分割体2acは永久磁石2の径方向に磁気異方性を有する。

【0016】次に図7に、図1の永久磁石2の内周側にカバー30を配置した場合の本発明の回転電機用磁石回転子1の別の実施例を示す。なおカバー30は、円筒状のフレーム3(例えば、SUS403等)に沿って配置した永久磁石2をこのフレーム3に強固に保持するためのものである。また、図7の永久磁石2からカバー30に至るA-A線断面図を図8に示す。図8において、複

数の磁極20をフレーム3に沿って配置固定するために、各磁極20を内周側から密着保護するとともに強固にフレーム3に固定されるようにカバー30が配置されている。カバー30は強磁性の内周部30aと、非磁性で半径方向の境界部30bと、非磁性で外周側の係止部30cとからなるとともに、このカバー30の両端係止部30cによってフレーム3にネジ止め等により固定される。この固定手段としてはこの他リベットによる固定等の他、公知の固定手段を用い得る。このように、磁極20毎にカバー30でもって内周側からフレーム3に固定されるため、汎用寸法のみならず大寸法の回転電機用磁石回転子とした場合でも回転耐久強度が実用に十分耐え得る状態に確保されるため極めて好ましい。さらに、カバー30の強磁性の内周部30aが磁極20の内周側に密着配置されるとともに、磁極20の両端部にカバー30の非磁性の境界部30bが密着配置される。この構成によって空隙10を介して隣接する磁極20、20間の洩れ磁束 f' の発生が抑制される。なお、図8中に抑制される洩れ磁束 f' を概念的に示している。ここで、カバー30は強磁性の内周部30aと、非磁性の境界部30b及び係止部30cとが共存するとともに、強磁性の内周部30aと、非磁性の境界部30b及び係止部30cとの結晶構造が異なる同一素材(例えば、重量で0.6% C-13% Cr-Fe, bal. および不可避免不純物を含むフェライト系ステンレス鋼製のもの等。)で作製されている。

【0017】図8の実施例では、カバー30は円周方向分割溝32を有する円周方向に分割された回転軸方向に長い断面略弧状に形成されていたが、この円周方向分割溝32に加えてさらに図9に示すようにカバー30を回転軸方向にも分割された軸方向分割溝31を有するリング形に形成し、その複数個を軸方向に連続配置して磁極20をこの回転軸方向および円周方向に分割されたカバー30でもって固定してもよい。この場合、図8と同様にカバー30の内周面あるいは外周面に空隙10のための境界部30bを介して磁極20を保持することができ、前記同様にカバー30の内周部は強磁性体に形成し、カバー30の内周部以外は非磁性体に形成する。また、カバー30は、図8に対応する空隙10において両端係止部30cが、ネジなどにより固定される。

【0018】次に図10に、図7の永久磁石2からカバー30に至るA-A線断面図の別の例を示す。なお、図10において図8と同一参照符号のものは図8と同一の構成部分を表わす。図10は、カバー30が円周方向に一体的に配置された状態に形成された例を示している。そして、この場合のカバー30は図9に示す通りの軸方向分割溝31を形成している。このようにカバー30が回転電機用磁石回転子1の回転軸方向にのみ分割された場合においてもうず電流損失の低減化を達成することができる。

【0019】上記の各カバー30は、例えば、次のようにして製作できる。まず、前記組成のフェライト系ステンレス鋼製素材によりカバー30の形状に加工したのち、500℃で応力除去焼鈍を行いフェライト相とカーバイド相からなる強磁性組織とする。次に、カバー30の境界部30bと係止部30cに該当する部分のみをレーザ照射（例えば、CO₂レーザ等の公知のレーザを用い得る。）して非磁性化すべき部分のみをこの素材のオーステナイト変態温度以上（例えば、1200℃程度）に加熱後、空气中放冷することで、内周部30aをフェライト相とカーバイド相からなる磁性体に、また境界部30bと係止部30cをオーステナイト相からなる非磁性体に形成できる。なお、非磁性化すべき部分を主に加熱溶融後、冷却凝固させてもよい。この内周部30aは、20℃での4000 (A/m) の磁界中における磁束密度 $B_{4000} = 1.2$ (T)、保磁力 $H_c = 1200$ (A/m) というすぐれた強磁性特性を示した。また、境界部30bと係止部30cは、20℃での最大比透磁率 $\mu \leq 2$ 、($\mu = 1.2$) という良好な非磁性特性を示した。

【0020】また、上記の各実施例のカバー30は実用性の点から少なくとも回転電機用磁石回転子1の回転軸方向に小さく分割されることがうず電流損失の低減化の点から好ましく、カバー30の外直径(D)および回転軸方向の長さ(l)が $(l/D) = 0.001 \sim 0.50$ にあることがより好ましく、 $0.001 \sim 0.20$ にあることがより好ましい。 l/D の値がこのような値をとると、うず電流損失が例えば (l/D) が1.0の場合より、約3%以上低減できる。なお本発明の磁石回転子は、磁極数が2～100極、好ましくは4～32極の場合に極めて有用のものである。また、本発明の磁石回転子は出力が汎用型から高出力型まで適用可能であるが、好ましくは1KW以上、特に好ましくは30kW以上の高出力の回転電機用として極めて有効である。また、本発明のカバーは上記実施例のものに限定されず、例えばチタン合金、ステンレス鋼、ケイ素鋼、炭化ケイ素繊維、炭素繊維、ガラス繊維等の公知のものを用い得るが、この場合はカバーによる磁極の保護固定作用と、カバーの分割によるうず電流損失の低減化作用とが達成される。

【0021】

【発明の効果】

(1) 永久磁石の磁極が磁石回転子の円周方向および回転軸方向に分割された永久磁石片の集合体からなるため、うず電流損失を低減できる。

(2) カバーの分割によって、うず電流損失の低減化が

達成され、かつうず電流による永久磁石の加熱が抑制される結果、回転電機用磁石回転子の信頼性を大幅に向上できる。

(3) カバーは、強磁性部分と非磁性部分とが共存するとともに強磁性部分と非磁性部分の結晶構造が異なる同一素材からなり、かつ磁石回転子の回転軸方向および/または円周方向に分割されており、そのカバーを永久磁石の表面に配設するため、カバー単独でうず電流損失と洩れ磁束の低減化を同時に図ることができる。このため、カバーは、永久磁石が分割されていない場合でも永久磁石の表面に設けることにより、うず電流損失を低減させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回転電機用磁石回転子を用いた一例を示す要部断面図である。

【図2】本発明の回転電機用磁石回転子における永久磁石の斜視図である。

【図3】本発明における磁極の分割パターンの一実施例を示す端面図である。

【図4】図3の磁極の分割パターンの周面を示す図である。

【図5】本発明における磁極の分割パターンの別実施例を示す端面図である。

【図6】図5の磁極の分割パターンの周面を示す図である。

【図7】本発明の回転電機用磁石回転子を用いた他の例を示す要部断面図である。

【図8】図7における永久磁石2からカバー30に至るA-A線断面図である。

【図9】カバー30の異なる実施例の分割パターンを示す図である。

【図10】図7における永久磁石2からカバー30に至るA-A線断面図の別の例の断面図である。

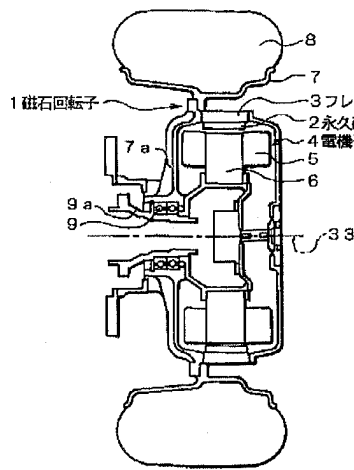
【図11】従来の回転電機用磁石回転子の一例を示す一部破断斜視図である。

【図12】従来の回転電機用磁石回転子の他の例を示す要部断面図である。

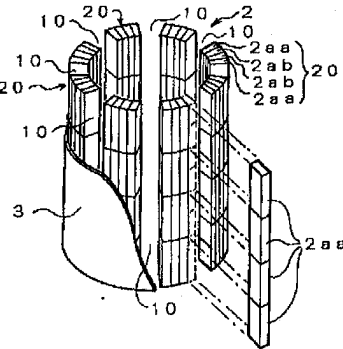
【符号の説明】

- 1 磁石回転子
- 2 永久磁石
- 3 フレーム
- 4 電機子
- 10 空隙
- 20 磁極
- 30 カバー

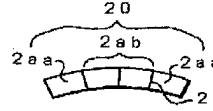
【図1】



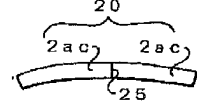
【図2】



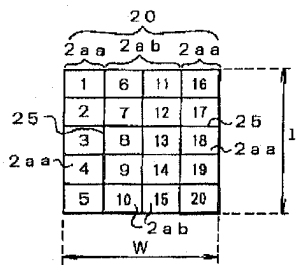
【図3】



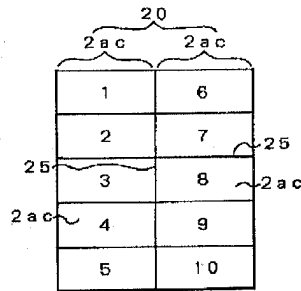
【図5】



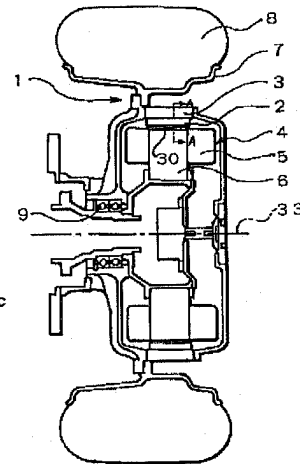
【図4】



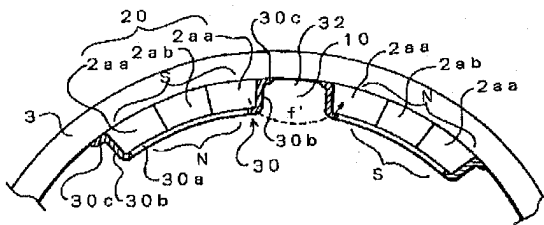
【図6】



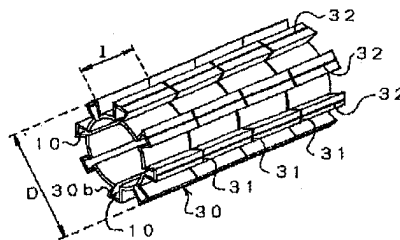
【図7】



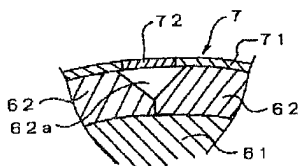
【図8】



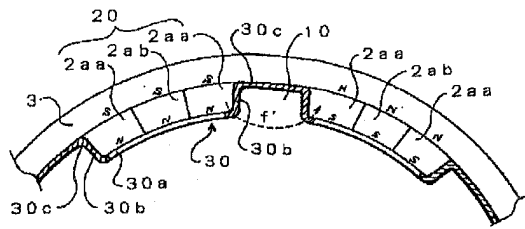
【図9】



【図12】



【図10】



【図11】

